

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 18 » 12 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА РАДИАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ

ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

(наименование дисциплины)

Направление подготовки **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

Профиль/программа подготовки **Проектирование и технология электронных средств**

Уровень высшего образования **Академический бакалавриат**

Форма обучения – **Очная**

Семестр	Трудоёмкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	2 / 72	18	-	-	54	Зачет
Итого	2 / 72	18	-	-	54	Зачет

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины являются изучение основных проблем обеспечения радиационной стойкости электронных средств (ЭС), работающих в соответствующих условиях эксплуатации. Курс способствует формированию представлений о взаимодействии излучений различной природы и различной проникающей способности с материалами конструкций и компонентами электронных средств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части и является составной частью теоретических основ обеспечения надежности и испытаний электронных средств. В процессе изучения дисциплины студенты должны получить представление о физических основах, методах измерений и способах оценки параметров излучений и характеристик материалов и компонентов электронных средств, подвергшихся воздействию ионизирующих излучений различной природы.

«Входные» компетенции формируются при изучении предшествующих курсов «Физика», «Физические основы микро- и нанoeлектроники», «Измерение физических параметров электронных средств и стандартизация», «Моделирование цепей и сигналов в электронике», «Введение в физику полупроводников», «Обеспечение надежности электронных и биотехнических средств».

Получаемые в процессе изучения курса знания используются при изучении дисциплин «Конструирование электронных средств», «Управление качеством электронных средств», при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра и в практической инженерной деятельности.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими общепрофессиональными (ОПК) и профессиональными (ПК) компетенциями в части базовых знаний, необходимых в дальнейшем для оценки и обеспечения радиационной стойкости электронных средств в интересах конкретных работодателей:

ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

ПК-20 готовность осуществлять проверку технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать: основные причины (источники) и виды характеристик ионизирующих излучений, а также механизмы их взаимодействия с материалами и компонентами электронных средств на основе знания законов физики (ОПК-1).
- 2) Уметь: выявлять сущность проблем защиты электронных средств от ионизирующих излучений различной природы (ОПК-2).
- 3) Владеть: начальными навыками экспериментальной оценки характеристик полей излучений (дозиметрии) и прогнозирования остаточного ресурса электронных средств с помощью радиационных испытаний (ПК-20).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Источники излучений	6	1 - 2	2				6		0,4 / 20%	
2	Характери- стики по- лей излуче- ний	6	3 - 4	2				6		0,4 / 20%	
3	Физичес- кие основы взаимодей- ствия излу- чений с ве- ществом	6	5 - 6	2				6		0,4 / 20%	Рейтинг 1
4	Ионизаци- онные эф- фекты	6	7 - 8	2				6		0,4 / 20%	
5	Эффекты структур- ного defe- ктообразо- вания	6	9 - 1 0	2				6		0,4 / 20%	
6	Моделиров- ание эф- фектов вза- имодейст- вия	6	1 1 - 1 2	2				6		0,4 / 20%	Рейтинг 2
7	Оценка ра- диацион- ной стой- кости мик- роструктур в электро- нике	6	1 3 - 1 4	2				6		0,4 / 20%	
8	Основы обеспече- ния ради- ационной стойкости	6	1 5 - 1 6	2				6		0,4 / 20%	

	электрон- ных средств										
9	Зачетное занятие в форме конферен- ции	6	1 7 - 1 8	2			+	6		0,4 / 20%	Рейтинг 3
Всего				18			+	54		3,6 / 20%	Зачет

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития общепрофессиональных и профессиональных компетенций студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий (проблемное изложение учебного материала, деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций из деятельности профильных предприятий и организаций) в сочетании с внеаудиторной работой.

5.2. Мультимедийные технологии обучения

- Лекционные занятия проводятся в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного видеопроектора и аудиосистемы.

- Студентам через ИНТРАНЕТ-сайт кафедры доступны конспект лекций и методические указания к СРС в электронном виде, учебные видеофильмы и рекламно-информационные материалы профильных предприятий и организаций.

В рамках дисциплины предусмотрены вебинары и видеоконференции с участием известных ученых, преподавателей российских и зарубежных университетов, ведущих специалистов и руководителей промышленных предприятий и организаций различных форм собственности, в том числе выпускников ВлГУ.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Рейтинг-контроль проводится трижды за семестр согласно графику учебного процесса, рекомендованного учебно-методическим управлением. Он предполагает расчет суммарных баллов за активную работу на лекциях. Текущий контроль знаний осуществляется на консультациях по курсу, а также в периоды рейтинговых мероприятий. При выполнении студентом графика учебного процесса ему начисляется бонусный балл.

Вопросы для рейтинг-контроля и экзамена приведены ниже.

ВОПРОСЫ ДЛЯ РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЯ

1 рейтинг-контроль

1. Классификация излучений различной физической природы. Корпускулярные и квантовые излучения.

2. Излучения космического пространства. Галактическое и Солнечное космическое излучение.

3. Физические характеристики корпускулярных и квантовых излучений. Способы измерения характеристик полей излучений.

4. Экспозиционная и поглощенная доза. Биологические эквиваленты доз облучений.

5. Механизмы взаимодействия корпускулярных и квантовых излучений с веществом. Сечения взаимодействия.
6. Импульсные и непрерывные излучения.
7. Ионизационные эффекты в однородных и неоднородных полупроводниках.
8. Эффекты структурного дефектообразования в полупроводниках и диэлектриках.

2 рейтинг-контроль

9. Сечения образования точечных дефектов для различных видов излучений.
10. Методы оценки эффективности поглощений излучений.
11. Ионизационные эффекты в биполярных и униполярных полупроводниковых приборах.
12. Уровень бессбойной работы и время потери работоспособности.
13. Эффекты «защелкивания».
14. Модель космоса.
15. Классификация полупроводниковых микро- и наноструктур по типу используемых материалов и технологическим особенностям формирования.
16. Конструктивно-технологические способы обеспечения стойкости микроструктур к ионизирующим излучениям.

3 рейтинг-контроль

17. Конструкционные методы повышения стойкости электронной аппаратуры к радиационным воздействиям.
18. Математические модели взаимодействия элементов защиты с излучениями различных типов.
19. Расчет элементов пассивной защиты от воздействий различной физической природы.
20. Основные механизмы развития обратимых и необратимых отказов полупроводниковых приборов и микросхем при воздействии корпускулярных и квантовых излучений.
21. Воздействия космического излучения на электронные средства космических аппаратов.
22. Отжиг радиационных дефектов.
23. Моделирование радиационных зависимостей электрофизических параметров полупроводников и полупроводниковых приборов от интенсивности и вида радиационных воздействий.
24. Методы повышения надежности и сроков активного существования космических аппаратов путем резервирования и выявления «слабого звена» в составе электронных средств.

Контрольная работа (РГР)

Выполняется в виде доклада-презентации на зачетном занятии, которое проводится в форме круглого стола или научно-технической конференции и является средством проверки знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

Перечень тем докладов-презентаций

1. В каких случаях ионизирующие излучения могут быть отражены на шкале электромагнитных волн, а в каких не могут?
2. Как следует классифицировать электронную компонентную базу (ЭКБ) по стойкости к ионизирующим излучениям?
3. Какие механизмы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом Вам известны?
4. Охарактеризуйте доминирующие радиационные эффекты в элементах интегральных микросхем.
5. Чем отличаются дозовые эффекты в биполярных и униполярных

транзисторах?

6. Каковы механизмы деградации параметров ЭКБ за счет структурных повреждений?

7. Как проявляется тиристорный эффект при воздействии импульсных ионизирующих излучений?

8. Перечислите виды одиночных радиационных эффектов при воздействии тяжелых заряженных частиц?

9. Чем опасны тепловые и термомеханические эффекты при воздействии ионизирующих излучений?

10. Что надо контролировать в области дозовых и одиночных эффектов при сертификации ЭКБ для космических электронных средств?

11. Каковы возможности и ограничения технологии вторичного корпусирования при проектировании электронных средств космического назначения?

12. Чем отличаются моделирующие установки от имитаторов при испытаниях ЭКБ на стойкость к воздействию радиационных факторов?

13. Если дозиметр вблизи кремниевой бескорпусной микросхемы дал оценку экспозиционной дозы 1P , то какой будет поглощенная доза в кремнии? Как повлияет на величину поглощенной дозы помещение кристалла в металлокерамический корпус?

Самостоятельная работа студента.

Цель самостоятельной работы - формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня. Самостоятельная работа студентов включает закрепление теоретического материала, подготовку к рейтинговым мероприятиям. Основа самостоятельной работы - изучение рекомендуемой литературы, работа с конспектом лекций и в Интернете, выполнение домашних заданий.

На самостоятельную проработку в 6 семестре вынесены следующие вопросы:

1. Способы измерения характеристик полей излучений.
2. Дозиметрия импульсных и непрерывных ионизирующих излучений: методы и средства.
3. Ионизационные эффекты в биполярных и униполярных полупроводниковых приборах.
4. Расчет элементов пассивной защиты от воздействий ионизирующих излучений.
5. Оформление и подготовка контрольной работы (см. Перечень тем докладов-презентаций контрольной работы).

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по каждому вопросу приведено в конспекте лекций с указанием дополнительной литературы, доступной студентам. Повышению эффективности самостоятельной работы способствуют систематические консультации. Текущий контроль освоения материала и самостоятельной работы проводится на консультациях и в форме рейтинг-контроля.

Вопросы к зачету

1. Классификация излучений различной физической природы. Корпускулярные и квантовые излучения.

2. Излучения космического пространства. Галактическое и Солнечное космическое излучение.

3. Физические характеристики корпускулярных и квантовых излучений. Способы измерения характеристик полей излучений.

4. Экспозиционная и поглощенная доза. Биологические эквиваленты доз облучений.

5. Механизмы взаимодействия корпускулярных и квантовых излучений с веществом. Сечения взаимодействия.

6. Импульсные и непрерывные излучения.

7. Ионизационные эффекты в однородных и неоднородных полупроводниках.
8. Эффекты структурного дефектообразования в полупроводниках и диэлектриках.
9. Сечения образования точечных дефектов для различных видов излучений.
10. Методы оценки эффективности поглощений излучений.
11. Ионизационные эффекты в биполярных и униполярных полупроводниковых приборах.
12. Уровень бессбойной работы и время потери работоспособности.
13. Эффекты «защелкивания».
14. Модель космоса.
15. Классификация полупроводниковых микро- и наноструктур по типу используемых материалов и технологическим особенностям формирования.
16. Конструктивно-технологические способы обеспечения стойкости микроструктур к ионизирующим излучениям.
17. Конструкционные методы повышения стойкости электронной аппаратуры к радиационным воздействиям.
18. Математические модели взаимодействия элементов защиты с излучениями различных типов.
19. Расчет элементов пассивной защиты от воздействий различной физической природы.
20. Основные механизмы развития обратимых и необратимых отказов полупроводниковых приборов и микросхем при воздействии корпускулярных и квантовых излучений.
21. Воздействия космического излучения на электронные средства космических аппаратов.
22. Отжиг радиационных дефектов.
23. Моделирование радиационных зависимостей электрофизических параметров полупроводников и полупроводниковых приборов от интенсивности и вида радиационных воздействий.
24. Методы повышения надежности и сроков активного существования космических аппаратов путем резервирования и выявления «слабого звена» в составе электронных средств.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Попов, В.Д. Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных микросхем в монолитном и гибридном исполнении [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Д. Попов, Белова Г. Ф. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 208 с. ISBN 978-5-8114-1375-1.
Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5850
2. Владимиров, Г.Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1515-1
Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38838
3. Ослабление гамма-излучения в веществе. Методические указания для проведения лабораторных работ [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ (Национальный исследовательский Томский государственный университет), 2015. — 20 с. —
Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71568

б) дополнительная литература

1. Радиационная стойкость изделий ЭКБ: научное издание / Под ред. Д-ра техн. наук, проф. А.И. Чумакова. М.: НИЯУ МИФИ, 2015. –512с. ISBN 978-5-7262-2115-1

2. Барбашов, В.М. Радиационные эффекты в наногетероструктурных СВЧ -приборах и интегральных схемах: учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Барбашов, Д.В. Громов. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ (Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт»), 2013. — 124 с. — ISBN 978-5-7262-1872-4

Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75732

3. Таперо, К. И. Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения [Электронный ресурс] / К. И. Таперо, В. Н. Улимов, А. М. Членов. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 307 с.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — ISBN 978-5-9963-2527-6.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325276.html>

в) периодические издания:

1. Научно-технический сборник «Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру», НИИПриборов, г. Лыткарино, Московской обл., 4 выпуска в год.

Аннотации статей доступны по адресу: <http://vant.niipriborov.ru/vant.html>

г) интернет-ресурсы:

1. http://www.spels.ru/index.php?option=com_docman&Itemid=29 Публикации АО «ЭНПО СПЭЛС»

2.

<http://www.vniief.ru/wps/wcm/connect/vniief/site/researchdirections/Research/nuclearphysics/> Исследования Института ядерной и радиационной физики РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров, Нижегородской обл.

3. <http://www.vniitf.ru/ob-institute/istoriya-institut> РФЯЦ-ВНИИТФ, г. Снежинск, Челябинской обл.

4. <http://www.niipriborov.ru/ckp/base.html> Техническая база ЦКП «РИИ» ФГУП НИИП, г. Лыткарино, Московской обл.

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 331-3, 333-3, 324-3);
- электронные записи лекций (мультимедиа-презентации);
- оборудование компьютерного класса 330-3;
- программно-аппаратные средства технологического оснащения специальных видов испытаний, разработанные на кафедре БЭСТ;
- демонстрационные дозиметры ионизирующих излучений;
- ИНТРАNET-сервер локальной сети кафедры с Wi-Fi – роутером беспроводного доступа на территории помещений кафедры.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Рабочую программу составил проф. каф. БЭСТ Крылов В.П. _____
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Пучков М.А., зам. гл. инж. АО ВКБР _____
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ

Протокол № 4 от 10.12.2015 года

Заведующий кафедрой БЭСТ Сушкова Л.Т. _____

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Протокол № 4 от 10.12.2015 года

Председатель комиссии _____

(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____